Listrik Dinamis

A. PENDAHULUAN

- **Listrik** bergerak dalam bentuk arus listrik.
- **Arus listrik** adalah gerakan muatan-muatan listrik berupa gerakan elektron dalam suatu rangkaian listrik dalam waktu tertentu karena adanya tegangan listrik.
- **Arus listrik** termasuk ke dalam besaran pokok dengan satuan Ampere (A).
- **Arus listrik** dapat dirumuskan:

$$I = \frac{Q}{t}$$

I = kuat arus listrik (A)
Q = jumlah muatan listrik (C)
t = waktu (s)

- **Tegangan listrik** atau beda potensial listrik adalah perbedaan jumlah muatan yang terdapat pada dua titik yang berbeda dalam suatu rangkaian listrik.
- **Arus listrik** bergerak dari potensial tinggi ke potensial rendah, sedangkan **aliran elektron** bergerak dari potensial rendah ke potensial tinggi.

B. HUKUM OHM

- **Hukum Ohm** menjelaskan hubungan arus listrik, tegangan listrik, dan hambatan listrik.

Arus listrik berbanding lurus dengan **tegangan listrik**, dan berbanding terbalik dengan **hambatan listrik**.

dapat dirumuskan:

$$I = \frac{V}{R}$$

I = kuat arus listrik (A)
V = tegangan listrik (V)
R = hambatan listrik (Ω)

- **Hambatan listrik** adalah perbandingan tegangan listrik pada sebuah komponen listrik terhadap arus listrik yang melintas melaluinya.
- **Hambatan listrik** mempengaruhi besar kuat arus listrik yang melewati suatu rangkaian dengan menghambatnya.
- **Faktor-faktor yang mempengaruhi** besar kecilnya hambatan listrik antara lain:

a. **Jenis bahan resistor**
Setiap resistor dengan bahan yang berbeda akan memiliki hambatan jenis yang berbeda. Hambatan jenis resistor berbanding lurus dengan nilai hambatan.

b. **Panjang**
Panjang penghantar mempengaruhi lama aliran arus listrik melewati rangkaian. Panjang penghantar berbanding lurus dengan nilai hambatan.

c. **Luas penampang**
Luas penampang mempengaruhi jumlah arus listrik yang dapat melewati rangkaian. Luas penampang penghantar berbanding terbalik dengan nilai hambatan.

d. **Suhu**
Suhu mempengaruhi getaran-getaran elektron yang mengalir dalam rangkaian. Suhu berbanding lurus dengan nilai hambatan.

- **Hubungan** yang didapat dari faktor-faktor tersebut adalah:

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

R = hambatan listrik (Ω)
ρ = hambatan jenis penghantar (Ωm)
L = panjang penghantar (m)
A = luas penampang penghantar (m^2)

$$\rho = \rho_o (1 + \alpha \Delta T) \qquad R = R_o (1 + \alpha \Delta T)$$

ρ = hambatan jenis (Ωm)
ρ_o = hambatan jenis pada suhu T_o (Ωm)
R = hambatan listrik (Ω)
R_o = hambatan listrik pada suhu T_o (Ω)
α = koefisien suhu hambatan jenis
$\Delta T = T - T_o$ = perubahan suhu = (°C)

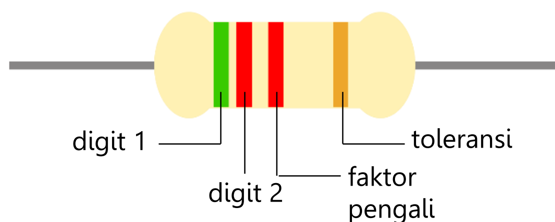
C. NILAI TAHANAN RESISTOR

- **Resistor** adalah alat yang digunakan untuk menghambat arus listrik pada suatu rangkaian.
- **Resistor** biasanya dibuat dengan dilengkapi kode warna resistor yang menunjukkan nilai tahanan resistor.
- **Makna warna resistor:**

Warna	Digit	Faktor Pengali	Toleransi
Hitam	0	10^0	
Coklat	1	10^1	±1%
Merah	2	10^2	±2%
Jingga	3	10^3	±3%
Kuning	4	10^4	±4%
Hijau	5	10^5	±0.5%
Biru	6	10^6	±0.25%
Ungu	7	10^7	±0.1%
Abu-abu	8	10^8	
Putih	9	10^9	
Emas		10^{-1}	±5%
Perak		10^{-2}	±10%
Tak berwarna			±20%

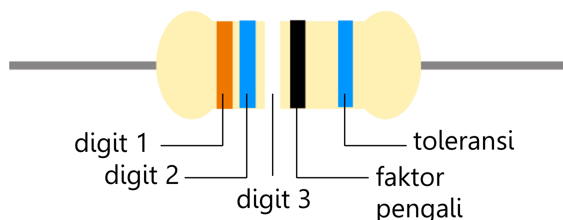


Susunan resistor 4 pita warna:



Nilai tahanan resistor: 5200 Ω toleransi ±5%

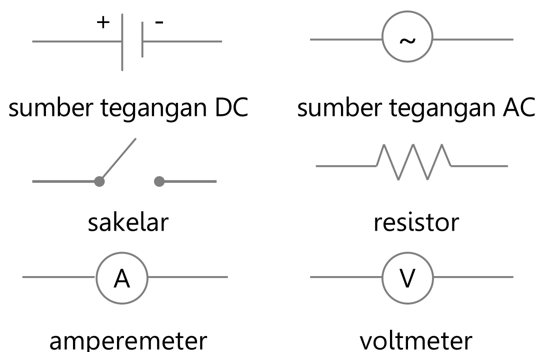
Susunan resistor 5 pita warna:



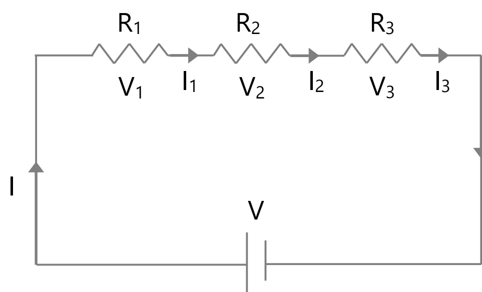
Nilai tahanan resistor: 369 Ω toleransi ±0,25%

D. RANGKAIAN LISTRIK

- **Rangkaian listrik** adalah suatu rangkaian tertutup yang dapat mengalirkan arus listrik dari potensial tinggi ke potensial rendah.
- **Rangkaian listrik** dapat digambar dalam bentuk diagram dengan simbol-simbol.



- **Rangkaian listrik** dapat disusun menjadi dua susunan, yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel.
- **Rangkaian seri** adalah rangkaian listrik yang komponennya disusun sejajar.



- **Pada rangkaian seri** berlaku hal berikut:
  a. Tegangan total rangkaian adalah penjumlahan dari tegangan seluruh resistor.

  $$V = V_1 + V_2 + V_3 + \ldots$$

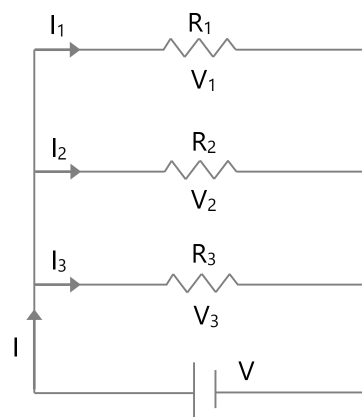
  b. Kuat arus listrik rangkaian di seluruh bagian rangkaian sama.

  $$I = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots$$

  c. Tahanan resistor pengganti rangkaian sama dengan penjumlahan dari nilai tahanan resistor rangkaian.

  $$R_s = R_1 + R_2 + R_3 + \ldots$$

- **Jika salah satu komponen** dari rangkaian seri diputus, maka arus listrik akan berhenti.
- **Rangkaian paralel** adalah rangkaian listrik yang komponennya disusun bertingkat.



- **Pada rangkaian paralel** berlaku hal berikut:
  a. Tegangan di seluruh resistor adalah sama.

  $$V = V_1 = V_2 = V_3 = \ldots$$

  b. Kuat arus listrik total rangkaian adalah penjumlahan dari arus listrik yang mengalir ke masing-masing resistor.

  $$I = I_1 = I_2 = I_3 = \ldots$$

  c. Kebalikan nilai tahanan resistor pengganti rangkaian sama dengan jumlah kebalikan nilai tahanan seluruh resistor.

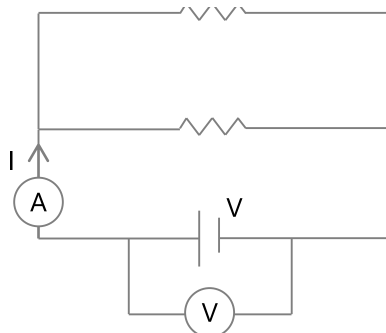
  $$\frac{1}{R_p} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \ldots$$

- **Jika salah satu komponen** pada rangkaian diputus, maka arus listrik masih dapat mengalir ke bagian yang tidak terputus.

E. ALAT UKUR LISTRIK

- **Alat ukur listrik** digunakan untuk mengukur besaran-besaran yang terkait dengan kelistrikan.
- **Alat ukur listrik** diantaranya adalah: amperemeter, voltmeter, ohmmeter, wattmeter dan avometer.





- **Amperemeter** digunakan untuk mengukur kuat arus dan dipasang **secara seri**.
- **Voltmeter** digunakan untuk mengukur tegangan dan dipasang **secara paralel.**
- **Amperemeter dan voltmeter** tersusun atas galvanometer yang bekerja berdasarkan prinsip elektromagnetik.



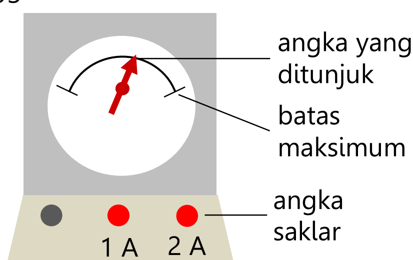
- **Ohmmeter** tersusun atas galvanometer yang digunakan untuk mengukur hambatan listrik dengan cara menghitung arus listrik yang melewati resistor, kemudian dikalibrasikan ke satuan Ω.



- **Wattmeter** tersusun atas alat ukur kuat arus dan alat ukur tegangan yang disusun sedemikian rupa yang digunakan untuk mengukur daya listrik.



- **Avometer** atau **multimeter** adalah gabungan dari amperemeter, voltmeter, dan ohmmeter.
- **Cara membaca dan menghitung** besaran listrik menggunakan alat ukur listrik:



$$\text{hasil} = \frac{\text{angka yg ditunjuk}}{\text{batas maksimum}} \times \text{angka saklar}$$

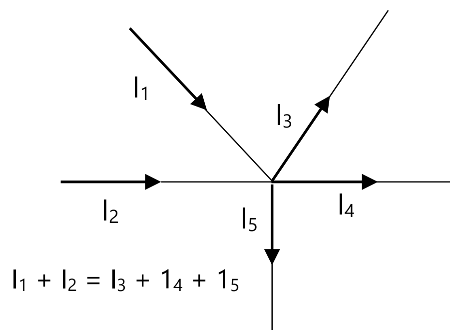
F. HUKUM KIRCHHOFF

- **Hukum Kirchhoff** menjelaskan kuat arus listrik dan tegangan listrik.
- **Hukum Kirchhoff I** adalah hukum arus listrik Kirchhoff**:**

> Jumlah kuat arus yang masuk ke suatu titik percabangan sama dengan jumlah kuat arus yang keluar dari titik tersebut.

dapat dirumuskan:

$$\Sigma I_{masuk} = \Sigma I_{keluar}$$



$$I_1 + I_2 = I_3 + I_4 + I_5$$

- **Hukum Kirchhoff II** adalah hukum tegangan listrik Kirchhoff:

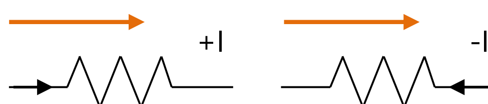
> Jumlah aljabar gaya gerak listrik (ggl) dan beda potensial pada rangkaian listrik tertutup/loop sama dengan nol.

dapat dirumuskan:

$$\Sigma I(R+r) \pm \Sigma \varepsilon = 0$$

E = gaya gerak listrik pada sumber tegangan (V)
I = kuat arus listrik (A)
R = hambatan luar (Ω)
r = hambatan dalam (Ω)

- **Persamaan hukum Kirchhoff II** diselesaikan menggunakan **aturan loop.**
- **Aturan loop** adalah aturan yang menggunakan loop/putaran untuk menentukan nilai tegangan.
- **Aturan loop** antara lain:
  1) Jika arah loop searah dengan arus, maka tegangan resistornya bernilai positif.
  2) Jika arah loop berlawanan arah dengan arus, maka tegangan resistornya bernilai negatif.



  3) Jika pada suatu tegangan loop melewati kutub positif terlebih dahulu, maka ggl bernilai positif.

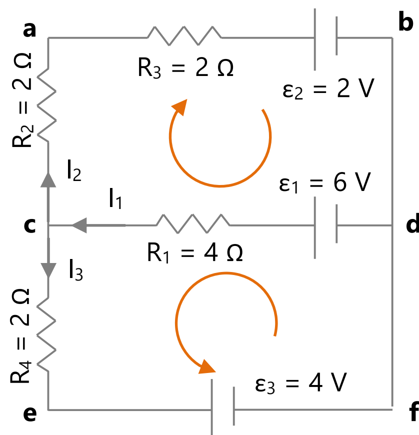


4) Jika pada suatu tegangan loop melewati kutub negatif terlebih dahulu, maka nilainya ggl adalah negatif.



Contoh:

Tentukan kuat arus listrik I_1, I_2 dan I_3 dari rangkaian listrik berikut!



Jawab:

Ketiga arus bertemu di titik C, maka berlaku:

$I_1 = I_2 + I_3$ ...(1)

Loop abcd

$\varepsilon_2 - \varepsilon_1 + I_1R_1 + I_2R_2 + I_2R_3 = 0$

$2 - 6 + I_1.4 + I_2.2 + I_2.2 = 0$

$4I_1 + 4I_2 = 4$ ...(2)

Loop cdef

$\varepsilon_3 - \varepsilon_1 + I_1R_1 + I_3R_4 = 0$

$4 - 6 + I_1.4 + I_3.2 = 0$

$4I_1 + 2I_3 = 2$ ...(3)

Ubah persamaan 1 menjadi:

$I_3 = I_1 - I_2$ ...(4)

Masukkan persamaan 4 ke persamaan 3, lalu eliminasi:

$4I_1 + 4I_2 = 4$ $\qquad$ $4I_1 + 4I_2 = 4$

$4I_1 + 2(I_1 - I_2) = 2$ $\qquad$ $12I_1 - 4I_2 = 4$ +

$16I_1 = 8$

$I_1 = \underline{0{,}125\ A}$

$4(0{,}125) + 4I_2 = 4$

$4I_2 = 4 - 0{,}5$

$I_2 = \underline{0{,}875\ A}$

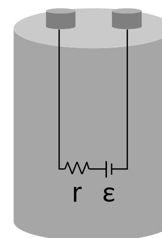
$I_3 = 0{,}125 - 0{,}875$ $\qquad$ $I_3 = \underline{-0{,}75\ A}$

Berarti arah arus I_3 pada soal salah, seharusnya menjadi:

$I_2 = I_1 + 1_3$

G. GAYA GERAK LISTRIK DAN TEGANGAN JEPIT

- **Gaya gerak listrik (ggl)** adalah tegangan pada sumber tegangan pada saat tidak memiliki arus.



- **Tegangan jepit** (tegangan listrik) adalah tegangan pada sumber tegangan pada saat memiliki arus.
- **Hubungan ggl dan tegangan jepit** dapat dirumuskan:

$$V = \varepsilon - I.r$$

$$V = \frac{\varepsilon}{1 + \frac{r}{R}}$$

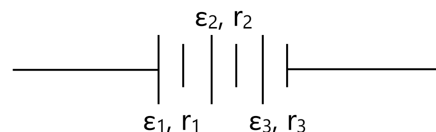
V = tegangan jepit (V)
ε = gaya gerak listrik baterai (V)
I = kuat arus listrik (A)
r = hambatan dalam baterai (Ω)
R = hambatan luar (Ω)

- **Arus listrik** dapat dihitung melalui ggl:

$$I = \frac{\varepsilon}{R + r}$$

ε = gaya gerak listrik baterai (V)
I = kuat arus listrik (A)
r = hambatan dalam baterai (Ω)
R = hambatan luar (Ω)

- **Rangkaian tegangan listrik** dapat disusun menjadi dua susunan, yaitu rangkaian seri dan rangkaian paralel.
- **Dalam rangkaian tegangan listrik seri:**



1) Nilai ggl sumber tegangan pengganti adalah penjumlahan dari nilai ggl seluruh sumber tegangan.

$$\varepsilon_s = \varepsilon_1 + \varepsilon_2 + \varepsilon_3 + ...$$

untuk ggl identik,

$$\varepsilon_s = n.\varepsilon$$

2) Nilai tahanan hambatan dalam sumber tegangan pengganti adalah pen-jumlahan dari nilai tahanan hambatan dalam seluruh sumber tegangan.

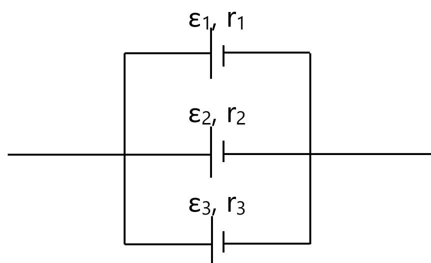
$$r_s = r_1 + r_2 + r_3 + ...$$

untuk hambatan dalam identik,

$$r_s = n.r$$



- **Dalam rangkaian tegangan listrik paralel:**



1) Nilai ggl seluruh sumber tegangan sama.

$$\varepsilon_p = \varepsilon_1 = \varepsilon_2 = \varepsilon_3 = \ldots$$

2) Kebalikan nilai tahanan hambatan dalam sumber tegangan pengganti sama dengan penjumlahan dari kebalikan nilai tahanan hambatan dalam seluruh sumber tegangan.

$$\frac{1}{r_p} = \frac{1}{r_1} + \frac{1}{r_2} + \frac{1}{r_3} + \ldots$$

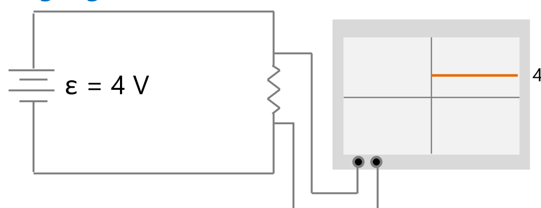
- **Tegangan listrik** terdiri dari dua jenis, yaitu tegangan DC dan AC.
  1) **Tegangan DC** adalah tegangan yang dihasilkan sumber tegangan DC (misalnya baterai, aki) dan arus listrik mengalir searah.

     Tegangan DC juga dihasilkan sumber tegangan AC yang dilengkapi adaptor (*rectifier*).

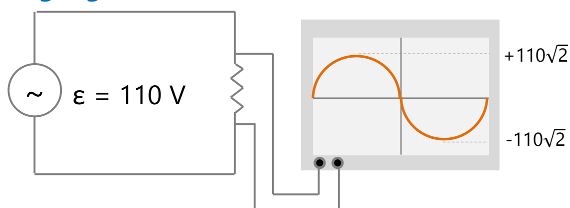
     Tegangan DC biasanya digunakan pada alat-alat listrik kecil dan mudah dibawa, seperti ponsel, kamera, jam, laptop, dll.
  2) **Tegangan AC** adalah tegangan yang dihasilkan sumber tegangan AC dan arus listrik mengalir bolak-balik secara periodik.

     Tegangan AC biasanya digunakan pada alat-alat listrik besar, seperti lemari es, mesin cuci, instalasi listrik dan pembangkit listrik.
- **Tegangan DC dan AC** dapat dibedakan melalui alat yang disebut **osiloskop**. Grafik osiloskop:

Tegangan DC



Tegangan AC



H. ENERGI DAN DAYA LISTRIK

- **Energi listrik** adalah energi yang dihasilkan oleh arus listrik karena perpindahan muatan listrik, dapat dirumuskan:

$$W = V.I.t \qquad W = I^2.R.t \qquad W = \frac{V^2}{R}.t$$

W = energi listrik (J)
V = tegangan listrik (V)
I = kuat arus listrik (A)
R = hambatan listrik (Ω)
t = waktu (s)

- **Daya listrik** adalah banyaknya energi listrik yang digunakan dalam suatu waktu, dapat dirumuskan:

$$P = \frac{W}{t}$$

P = daya listrik (W)
W = energi listrik (J)
t = waktu (s)

sehingga,

$$P = V.I \qquad P = I^2.R \qquad P = \frac{V^2}{R}$$

P = daya listrik (W)
V = tegangan listrik (V)
I = kuat arus listrik (A)
R = hambatan listrik (Ω)

- **Alat-alat listrik** biasanya memuat spesifikasi tegangan dan daya listrik.
- **Hubungan** antara tegangan dan daya listrik pada alat listrik dengan menganggap bahwa hambatan alat listrik konstan dapat dirumuskan:

$$\frac{P_s}{P_t} = \left(\frac{V_s}{V_t}\right)^2$$

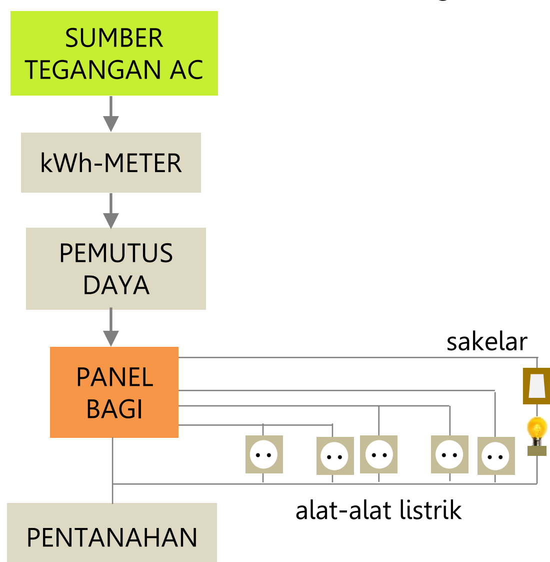
P_s = daya sesungguhnya yg diserap (W)
P_t = daya tertulis (W)
V_s = tegangan sesungguhnya yg diberikan (V)
V_t = tegangan tertulis (V)

I. PENERAPAN LISTRIK DINAMIS DALAM KEHIDUPAN SEHARI-HARI

- **Energi listrik** adalah energi yang paling banyak digunakan dalam peralatan-peralatan di masa kini karena mudah diubah ke bentuk energi lain.



Instalasi listrik di rumah adalah sebagai berikut:



1) **Sumber tegangan AC** adalah sumber energi listrik. Di Indonesia, sumber tegangan AC berasal dari PT. PLN Indonesia.
2) **kWh-meter** adalah alat ukur listrik yang digunakan untuk mengukur jumlah energi listrik yang digunakan.
3) **Pemutus daya** atau pembatas daya adalah alat yang berfungsi untuk membatasi kuat arus dan daya maksimum yang dapat digunakan.

   Jika beban listrik yang ditanggung instalasi melebih batas maksimum, maka alat ini akan memutus instalasi listrik sehingga listrik akan padam.
4) **Panel bagi** adalah alat yang membagi arus menjadi beberapa percabangan sehingga terbentuk rangkaian paralel.

   Tujuan dari pembuatan rangkaian paralel adalah agar seluruh peralatan listrik di rumah mendapatkan tegangan yang sama dan tetap dapat bekerja meski ada komponen yang putus atau rusak.

   Panel bagi tersusun atas berbagai macam komponen, salah satunya **sekring.**

   Sekring berfungsi sebagai pemutus arus. Pada sekring, terdapat kawat yang akan cair dan putus apabila dialiri arus listrik yang melampai batas tertentu.

- **Pentanahan** (grounding) adalah alat yang berfungsi sebagai pencegah terjadinya kerusakan instalasi listrik akibat lonjatan/sentakan listrik atau sambaran petir.
- **Transmisi listrik jarak jauh** yang menggunakan tegangan AC adalah sebagai berikut:

